

学校编码: 10384
学号: X2005230042

分类号_____密级_____
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 FPGA/DSP 的多用途信号实时解调设备
设计与实现

Design and Implementation of the Multi-purpose Demodulation Device
Based on FPGA/DSP

姜志勇

指导教师姓名: 陈海山 教 授

刘志刚 博 士

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2008 年 11 月

论文答辩时间: 2008 年 12 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 11 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

随着无线通信技术的快速发展，国内外的无线通信方式增多且发展速度加快，而当前的接收设备主要用于接收单一通信方式下的无线信号，为了及时监控变换的信号，迫切需要研制更高适应性的无线接收设备。

本文研制的多用途信号实时解调设备是一种应用于空间电磁信号监控领域的侦察与控守平台。该设备采用了目前比较成熟的数字信号处理技术和嵌入式开发技术，并参考软件无线电技术及软件通信体系结构的相关思想，是一个适用于信号采集、信号解调、信道处理等多方面应用的基本平台。

多用途信号实时解调设备的开发是基于 FPGA（Field Programmable Gate Array，现场可编程门阵列）和 DSP（Digital Signal Processor，数字信号处理器）实现的，其中 FPGA 用于采集、控制以及进行一些高速并行处理，DSP 负责复杂信号处理算法的实现，FPGA 与 DSP 之间通过 MCBPS（Multichannel Buffered Serial Port，多通道缓冲串口）实现高速数据通信，信号处理板与主机之间通过 PCI 总线通信。该设备能够动态配置各种信号处理算法，并且可在线更新固件程序，从而实现软硬件模块的灵活配置，在满足多种应用业务需要的同时，有效降低了批量部署成本。

目前该设备已经应用到 4 套不同信号的实时控守系统中，系统的定制部署快速灵活，各功能运行正常，信号处理效果良好，已经较好地实现了该设备的设计目标。

关键词：软件无线电；DSP/FPGA；解调设备

Abstract

The radio-communication becomes more complex in process modes and more frequently in changes with its rapid development. Because existing receivers deal simplex mode signals mostly, it is exigent to develop more suitable devices for complex and changeful signals scout.

The multi-purpose demodulation device relating to the thesis is a scout platform which used to monitor electromagnetic waves. The device uses the digital signal process technique and embedded system technique, and uses the thoughtway of SDR and SCA technique for reference. It offers a platform for signal analysis, including scout analysis, demodulation analysis, channel process and application analysis. Synthesizing the system software, signal analysis results and the suitable configurations, it is easy to build up a low-cost real-time signal reconnaissance system rapidly.

The development of the device is based on FPGA and DSP technique. The FPGA is used for parallel operations and component controls; and the DSP, for complex processes. MCBPS is used to connect FPGA and DSP, and the device cards communicate with the host via PCI-Bus. Combining the architecture design with dynamic configuration of the signal processe,data transmission, DSP task scheduler and firmwares update functions, the device implements flexible configuration of software and hardware, which befits to adapt the device for more applications and lower the cost of with large number.

The device has been deployed to 4 real-time signal reconnaissance systems rapidly. The systems have characteristics such as quick deployment, accurate function and effective signal processe.It shows a successful design has been put in practice.

Keyword: SDR; DSP/FPGA; Demodulation Device

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景及选题意义	1
1.2 现状及存在问题	2
1.2.1 软件无线电概述	3
1.2.2 软件无线电技术的研究水平	5
1.2.3 SCA存在的问题	10
1.3 本文主要研究内容及特色	10
1.4 本文结构安排	11
第二章 多用途信号实时解调设备的整体设计	13
2.1 系统的需求分析	13
2.1.1 功能性需求分析	13
2.1.2 非功能需求分析	14
2.1.3 用户类型分析	15
2.2 系统的数据处理流程	15
2.3 系统的体系结构设计	17
2.3.1 系统的软件体系结构设计	17
2.3.2 系统的硬件体系结构设计	18
2.3.3 系统数据处理流程实现	20
2.4 小结	24
第三章 多用途信号实时解调设备的处理过程动态配置	25
3.1 FPGA控制层的处理过程动态配置	25
3.2 DSP控制层的处理过程动态配置	27
3.3 处理过程配置的主机端设计	30
3.3.1 FPGA处理过程配置界面设计	30
3.3.2 DSP处理过程配置界面设计	31
3.4 小结	32

第四章 多用途信号实时解调设备的数据传输设计	33
4.1 FPGA与DSP之间的数据传输	33
4.1.1 McBSP工作原理简介	34
4.1.2 FPGA端McBSP接口的设计	37
4.1.3 DSP端McBSP接口的设计	40
4.2 DSP与主机之间的数据传输	44
4.2.1 PCI 总线特点	46
4.2.2 PCI 总线操作规则	47
4.2.3 DSP与主机之间的通讯设计	51
4.3 小结	52
第五章 多用途信号实时解调设备的DSP程序任务调度	53
5.1 DSP多任务机制简介	53
5.2 DSP程序任务调度的设计	53
5.3 DSP程序任务调度构成的各种数据处理流程	54
5.3.1 McBSP接收、PCI发送	54
5.3.2 McBSP接收、McBSP发送	55
5.3.3 PCI接收、McBSP发送	56
5.4 小结	56
第六章 多用途信号实时解调设备固件程序的加载与更新	57
6.1 DSP程序加载与更新	57
6.1.1 DSP程序Bootloader概述	57
6.1.2 实现DSP在线更新的关键设计	58
6.1.3 实现DSP Bootloader的具体步骤	61
6.2 FPGA程序加载与更新	62
6.2.1 FPGA程序Bootloader概述	62
6.2.2 实现FPGA Bootloader的具体步骤	64
6.3 系统部署	64
6.4 小结	66

第七章 总结与展望	67
参考文献	69
攻读硕士期间科研成果	71
致 谢	72

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and Significance	1
1.2 Research Status and Problems	2
1.3 Main Research and Contributions of The Paper	10
1.4 Outline of Thesis	11
Chapter 2 The Overall Design of The system	13
2.1 System equirements Analysis	13
2.2 Data Flows of The System	15
2.3 Architecture Design of The System	17
2.4 Summary	24
Chapter 3 Dynamic Configuration of The Signal Processes	25
3.1 Dynamic Configuration of The Signal Processes in FPGA.....	25
3.2 Dynamic Configuration of The Signal Processes in DSP.....	27
3.3 Dynamic Configuration of The Signal Processes in Host.....	30
3.4 Summary	32
Chapter 4 Data Transmission Design of The System	33
4.1 Data Transmission Design Between FPGA and DSP	33
4.2 Data Transmission Design Between DSP and Host	44
4.3 Summary	52
Chapter 5 Task Scheduler of The DSP Program	53
5.1 Task Scheduler Mechanism of The DSP Program	53
5.2 Task Scheduler Design of The DSP Program	53
5.3 The Data Flows Engenderd by The Task Scheduler of The DSP Program.....	54
5.4 Summary	56

Chapter 6 Bootload and Update of The Firmwares	57
6.1 Bootload and Update of The DPS Firmwares	57
6.2 Bootload and Update of The FPGA Firmwares	62
6.3 System Deployment	64
6.4 Summary	66
Chapter 7 Conclusions and Discussion	67
References	69
Acknowledgements	72

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库